

546,009

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
23 septembre 2004 (23.09.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/082004 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ :
H01L 21/28, 21/321, 21/316(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2004/000467

(22) Date de dépôt international : 1 mars 2004 (01.03.2004)

(25) Langue de dépôt : français

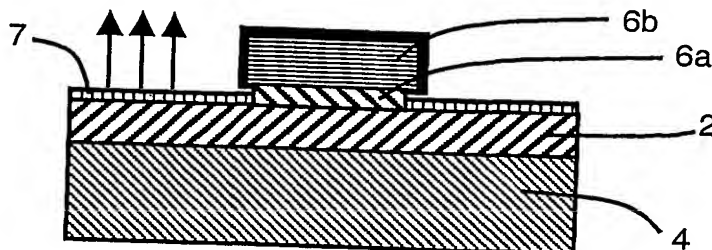
(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
03/02721 5 mars 2003 (05.03.2003) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
MISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) :
DELEONIBUS, Simon [FR/FR]; 40, allée des Giteaux,
La Chanteraie, F-38640 Claix (FR).(74) Mandataires : HECKE, Gérard etc.; Cabinet Hecke,
WTC Europole, 5 Place Robert Schuman, P.O. Box 1537,
F-38025 Grenoble Cedex 1 (FR).(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM,
KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD OF DELINEATING A CONDUCTING ELEMENT WHICH IS DISPOSED ON AN INSULATING LAYER,
AND DEVICE AND TRANSISTOR THUS OBTAINED(54) Titre : PROCEDE DE LIMITATION D'UN ELEMENT CONDUCTEUR DISPOSE SUR UNE COUCHE ISOLANTE, DIS-
POSITIF ET TRANSISTOR OBTENUS PAR CE PROCEDE(57) Abstract: The invention relates to a method
of delineating a conducting element which is dis-
posed on an insulating layer and to the device and
transistor thus obtained. According to the inven-
tion, a conducting layer is deposited on an insu-
lating layer (2) which is disposed on a substrate
(4). A mask is formed on at least one zone (6) of
the conducting layer, said zone being intended to
form the conducting element. In this way, at least
one complementary zone (7) is delineated in the
conducting layer, which is not covered with the
mask. The complementary zones (7) of the con-
ducting layer are rendered insulating by means oxidation. The oxidation can comprise oxygen implantation and/or thermal oxidation. The material of the conducting layer and the oxygen can together form a volatile oxide which evaporates partly or completely. The conducting layer preferably comprises first and second conducting layers. In this way, the oxidation can be performed after the mask has been removed, such that the surface of the second conducting layer is oxidised on the lateral walls and on the front face.

(57) Abrégé : Une couche conductrice est déposée sur une couche isolante (2) disposée sur un substrat (4). Un masque est formé sur au moins une zone (6) de la couche conductrice, destinée à former l'élément conducteur, délimitant ainsi dans la couche conductrice au moins une zone complémentaire (7) non-recouverte par le masque. Les zones complémentaires (7) de la couche conductrice sont rendues isolantes par oxydation. L'oxydation peut comporter une implantation d'oxygène et/ou une oxydation thermique. Le matériau de la couche conductrice et l'oxygène peuvent former un oxyde volatil s'évaporant en partie ou en totalité. La couche conductrice est, de préférence, constituée par des première et seconde couches conductrices. Ainsi, l'oxydation peut être effectuée, après enlèvement du masque, de manière à ce que la surface de la seconde couche conductrice soit oxydée sur les parois latérales et sur la face avant.

WO 2004/082004 A1



Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

PROCÉDÉ DE LIMITATION D'UN ÉLÉMENT CONDUCTEUR DISPOSÉ SUR UNE COUCHE ISOLANTE, DISPOSITIF AND TRANSISTOR OBTENUS PAR CE PROCÉDÉ

5 **Domaine technique de l'invention**

10 L'invention concerne un procédé de délimitation d'un élément conducteur disposé sur une couche isolante, comportant le dépôt d'une couche conductrice sur la face avant de la couche isolante disposée sur un substrat, la formation d'un masque sur au moins une zone de la couche conductrice destinée à former l'élément conducteur, de manière à délimiter dans la couche conductrice au moins une zone complémentaire non-recouverte par le masque, les zones complémentaires de la couche conductrice étant rendues isolantes par oxydation.

15

État de la technique

20 Les dispositifs micro-électroniques comportent souvent des éléments conducteurs 1 (figure 3) séparés d'un substrat 4 par une couche isolante 2 très fine. Par exemple, la grille des transistors de type MOS (« metal oxide semiconductor : MOS ») de différentes natures, en particulier métallique, est séparée du substrat semiconducteur par une couche isolante dont l'épaisseur peut être de l'ordre de quelques nanomètres. Un procédé typique de réalisation d'un tel élément conducteur est illustré aux figures 1 à 3. La formation de l'élément conducteur 1 est effectuée par dépôt d'une couche en matériau conducteur 3 sur une couche isolante 2, disposée sur un substrat 4, et délimitation par gravure de la couche en matériau conducteur 3 à travers un masque 5 en résine qui est ensuite enlevé. Le masque est formé sur une zone 6

25

de la couche conductrice 3 destinée à former l'élément conducteur 1, délimitant ainsi, dans la couche conductrice et la couche isolante, des zones complémentaires 7 non-recouvertes par le masque 5. Or, la gravure peut dégrader (par exemple déformer ou oxyder) les zones complémentaires 7 de la

5 couche isolante 2 et le substrat 4, ce qui est d'autant plus difficile à éviter que l'épaisseur de la couche isolante 2 est faible. Certes, une gravure du matériau conducteur 3 sélective par rapport au matériau de la couche isolante 2 permet d'arrêter la gravure avant d'atteindre le substrat 4. Cependant une gravure sélective est difficile à obtenir. Par exemple, la gravure du nitrure de titane (TiN)

10 est typiquement effectuée par des procédés à base d'hydrofluorocarbures (CH_xF_y). Les mêmes procédés sont utilisés pour la gravure d'oxydes, en particulier de la silice (SiO_2). La sélectivité de la gravure d'une couche isolante par rapport au TiN est donc très faible et la dégradation de l'oxyde, voire un percement de la couche isolante et la dégradation du substrat sous-jacent,

15 inévitable.

Dans certains procédés connus, le substrat 4 peut être oxydé ou déformé en fin de gravure à travers la couche isolante 2. Cette oxydation peut être désavantageuse, notamment dans le cas d'un substrat de type SOI (« silicon on

20 insulator : SOI ») comportant une couche active très fine, dont la résistance est ainsi fortement augmentée.

Le document JP2002134544 décrit un procédé de délimitation d'une électrode métallique. Une couche métallique est formée sur une couche isolante disposée

25 sur un substrat semiconducteur. Un masque en résine est formé sur une zone de la couche métallique. La couche métallique est transformée, par implantation d'ions d'oxygène, en couche d'oxyde isolant dans la région non-couverte par le masque en résine. Ainsi est formée une électrode métallique entourée par une couche d'oxyde.

Objet de l'invention

5 L'invention a pour but de remédier à ces inconvénients et, en particulier, de délimiter un élément conducteur disposé sur une couche isolante sans dégradation de la couche isolante et du substrat, afin de préserver les caractéristiques de résistance du dispositif.

10 Selon l'invention, ce but est atteint par les revendications annexées.

Selon une première variante de l'invention, la couche conductrice est constituée par des première et seconde couches conductrices, le procédé comportant une gravure de la seconde couche conductrice par l'intermédiaire du masque, l'oxydation étant effectuée après enlèvement du masque, de manière à ce que
15 la surface de la seconde couche conductrice soit oxydée sur les parois latérales et sur la face avant et que les zones complémentaires de la première couche conductrice soient oxydées sur toute l'épaisseur de la première couche conductrice.

20 Selon une seconde variante de l'invention, le procédé comporte un recuit de stabilisation et d'évaporation, de manière à ce que le matériau de la couche conductrice et l'oxygène provenant de l'oxydation forment un oxyde volatil, la couche conductrice s'évaporant au moins en partie.

25

Description sommaire des dessins

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention
5 donnés à titre d'exemples non limitatifs et représentés aux dessins annexés, dans lesquels :

Les figures 1 à 3 représentent un procédé selon l'art antérieur.

10 Les figures 4 à 6 représentent des étapes d'un mode de réalisation particulier d'un procédé selon l'invention, comportant la formation d'un oxyde volatil.

Les figures 7 à 10 représentent des étapes d'un autre mode de réalisation particulier d'un procédé selon l'invention, comportant la formation d'un oxyde volatil, utilisant des première et seconde couches conductrices.

15 Les figures 11 et 12 représentent des étapes d'un autre mode de réalisation particulier d'un procédé selon l'invention, comportant la formation d'un oxyde volatil, après enlèvement du masque.

Les figures 13 et 14 représentent des étapes d'un autre mode de réalisation particulier d'un procédé selon l'invention, comportant la formation d'un oxyde solide, après enlèvement du masque.

Description de modes particuliers de réalisation

25 La figure 4 montre l'empilement d'un substrat 4 semiconducteur (par exemple Si, Ge, SiGe), d'une couche isolante 2 et d'une couche conductrice 3. Un masque 5 est disposé en face avant, sur la zone 6 de la couche conductrice 3, destinée à former l'élément conducteur, délimitant ainsi, dans la couche conductrice, les zones complémentaires 7, non-recouvertes par le masque 5. Le masque 5 peut être en résine ou constitué d'une bicouche (une couche de

résine organique et une couche sacrificielle minérale, appelée « masque dur »). Dans le mode de réalisation particulier représenté aux figures 5 et 6, afin de délimiter un élément conducteur, les zones complémentaires 7 de la couche conductrice 3 sont rendues isolantes par une oxydation thermique. Comme représenté à la figure 5, pendant l'oxydation, le matériau de la couche conductrice 3 et l'oxygène forment un oxyde volatil, de manière à ce que les zones complémentaires 7 de la couche conductrice 3 s'évaporent en partie pendant l'oxydation. Les zones complémentaires 7 résiduelles de la couche conductrice 3 sont oxydées sur toute leur épaisseur, tandis que la zone 6 de la couche conductrice est protégée par le masque 5. Le matériau de la couche conductrice est choisi parmi les matériaux dont l'oxyde est isolant de sorte que les zones complémentaires 7 ne soient plus conductrices après oxydation. Ensuite, le masque 5 est enlevé (figure 6).

Sur la figure 7, la couche conductrice 3 est constituée par des première et seconde couches conductrices 3a et 3b superposées. Le masque 5 est formé au-dessus des couches 3a et 3b. La seconde couche conductrice 3b peut être gravée avant oxydation de la couche 3a. Comme représenté à la figure 8, lorsque les zones complémentaires 7 de la seconde couche conductrice 3b sont enlevées par la gravure, seule la zone 6b de la seconde couche conductrice 3b est conservée.

Dans une autre variante de réalisation, le procédé comporte un recuit de stabilisation et d'évaporation après une implantation d'oxygène utilisant des techniques du type implantation ionique ou plasma. L'implantation est, par exemple, effectuée par accélération d'ions oxygène ou par un procédé de gravure ionique réactive (« reactive ion etching : RIE »). La figure 9 illustre l'évaporation des zones complémentaires 7 oxydées de la première couche conductrice, la zone 6a de la première couche conductrice 3a étant protégée

par le masque 5. Pendant le recuit, le matériau de la première couche conductrice 3a et l'oxygène implanté forment un oxyde volatil et les zones complémentaires 7 oxydées de la couche conductrice 3a s'évaporent. L'élément conducteur 1 est alors formé par la superposition de la partie résiduelle (zone 6b) de la couche 3b et par la partie non-oxydée (zone 6a) de la couche 3a. Selon la durée du recuit ou la dose d'oxygène implanté, les zones complémentaires s'évaporent en partie (figure 9) ou en totalité (figure 10). L'enlèvement du masque 5 peut être effectué après le recuit si le masque est minéral. Dans le cas d'un masque en résine, il peut être enlevé avant.

Pour l'application du procédé, avec évaporation, le matériau de la première couche conductrice 3a est, de préférence, pris dans le groupe comprenant le tungstène, le molybdène, le nickel et le cobalt, et le matériau de la seconde couche conductrice 3b est du silicium polycristallin, un nitrure métallique ou un siliciure métallique comportant, par exemple, du tungstène, du tantale ou du molybdène (WSi_x , $MoSi_x$, $TaSi_x$).

Par exemple, en utilisant une première couche conductrice 3a en tungstène, les atomes d'oxygène sont implantés dans le cristal de tungstène dans un état métastable, par exemple sur des sites interstitiels. Un oxyde de tungstène se forme ensuite pendant le recuit de stabilisation. L'oxyde de type WO_x (x étant compris entre 1 et 3) est volatil et s'évapore. Typiquement ce phénomène peut être obtenu au-dessus de 200°C. Dans le cas de cette technique, la diffusion latérale d'oxygène est quasiment supprimée et l'oxydation périphérique de la zone 6a de la première couche conductrice 3a sous la zone 6b de la seconde couche conductrice 3b, représentée à la figure 11, est très faible.

Dans un autre développement du procédé avec évaporation, représenté aux figures 11 et 12, un oxyde volatil est formé par oxydation thermique à partir du

matériau de la couche conductrice 3 et de l'oxygène. Sur la figure 11, la couche conductrice 3 est constituée par une première couche conductrice 3a et une seconde couche conductrice 3b gravée. Après enlèvement du masque 5 en résine, l'oxydation thermique peut être effectuée dans un four, par exemple à une température supérieure à 200°C pour le tungstène. Dans ce cas, un oxyde volatil du tungstène WO_3 se forme et s'évapore. Les figures 11 et 12 illustrent ce processus respectivement en cours d'évaporation et après évaporation complète. Ce processus favorise la diffusion des atomes d'oxygène dans le matériau conducteur et la périphérie de la zone 6a de la première couche conductrice 3a est oxydée sous la zone 6b de la seconde couche conductrice 3b. Ainsi, cette zone périphérique s'évapore également et on obtient un dispositif dont la zone 6b de la seconde couche conductrice 3b fait saillie à la périphérie de la zone 6a de la première couche conductrice 3a. La zone 6a de la première couche conductrice 3a est alors réduite. Afin de limiter la réduction de la zone 6a et une dégradation du substrat 4, l'oxydation thermique peut être arrêtée dès que la seconde couche conductrice s'est évaporée ou juste avant. Les zones complémentaires 7 rendues isolantes peuvent alors présenter, de préférence, une épaisseur au moins égale à une couche atomique. Comme représenté aux figures 11 et 12, le matériau de la seconde couche conductrice 3b est oxydé en surface sur les parois latérales et sur la face avant.

L'électrode de grille d'un transistor peut être réalisée par le procédé décrit ci-dessus. Dans ce cas, le substrat 4 est constitué par une couche active en matériau semiconducteur, par exemple en silicium homogène ou silicium sur isolant (SOI). Le procédé selon l'invention permet de délimiter l'électrode de grille en évitant une déformation des zones du substrat correspondant aux zones complémentaires 7 et en évitant la diffusion des espèces oxydantes dans la couche active ou dans la couche isolante entre l'électrode de grille et la couche active. La réalisation de l'électrode de grille par deux couches

superposées 3a et 3b présente plusieurs avantages. Cela permet, notamment, de réduire les contraintes exercées par le matériau conducteur sur l'isolant, de masquer des implantations source et drain effectuées après la réalisation de l'électrode de grille, d'assurer un contact avec les interconnexions, d'éviter toute oxydation du matériau de grille postérieure à la réalisation de l'électrode de grille et de protéger le matériau de grille d'une métallisation (siliciuration) auto-alignée de la source et du drain.

Dans une autre variante de l'invention, le masque 5 est enlevé (figure 13) après gravure de la seconde couche conductrice 3b (figure 8). Les zones complémentaires 7 de la première couche conductrice 3a sont ensuite oxydées par implantation d'oxygène, dans des conductions de température de pression appropriées, ou par oxydation thermique. Dans ce cas, représenté à la figure 14, le matériau de la seconde couche conductrice 3b est oxydé en surface à la fois sur ses parois latérales et sur sa face avant, tandis que les zones complémentaires 7 de la première couche conductrice 3a sont oxydées sur toute l'épaisseur de la première couche conductrice 3a. La diffusion des atomes dans les matériaux à haute température, notamment dans le cas d'une oxydation thermique, peut également conduire à une oxydation périphérique de la zone 6a de la première couche conductrice 3a sous la seconde couche conductrice 3b, comme représenté à la figure 14. La première couche conductrice 3a est, de préférence, en TiN et la seconde couche conductrice 3b en silicium polycristallin. Ainsi, un oxynitride TiO_xN_y se forme lors de l'oxydation.

Dans le cas d'une implantation d'oxygène, on ajoute, de préférence, une stabilisation thermique de l'état métastable de la couche comportant l'oxygène implanté par un recuit sous atmosphère inerte, par exemple une atmosphère d'argon. Dans ce cas, comme dans le cas d'une oxydation thermique, les zones complémentaires 7 de la couche conductrice 3 peuvent former un oxyde solide

5 dans lequel les atomes d'oxygène et les atomes du matériau conducteur sont intégrés dans un seul réseau cristallin, les atomes d'oxygène se substituant, par exemple, aux atomes du matériau conducteur. Ainsi, l'élément conducteur 1 est formé par les parties non-isolantes, notamment non-oxydées, de la couche conductrice, tandis que les zones rendues isolantes forment une barrière latérale de l'élément conducteur.

10 L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation représentés, en particulier, l'oxydation peut être réalisée aussi bien thermiquement que par implantation d'oxygène, après enlèvement du masque. Par ailleurs, la formation d'un oxyde volatil, avant ou après enlèvement du masque, peut être réalisé par oxydation thermique ou par implantation d'oxygène, en utilisant une couche conductrice unique ou deux couches conductrices superposées.

Revendications

- 5 1. Procédé de délimitation d'un élément conducteur (1) disposé sur une couche isolante (2), comportant le dépôt d'une couche conductrice (3) sur la face avant de la couche isolante (2) disposée sur un substrat (4), la formation d'un masque (5) sur au moins une zone (6) de la couche conductrice (3) destinée à former l'élément conducteur (1), de manière à délimiter dans la couche conductrice au moins une zone complémentaire (7) non-recouverte par le masque (5), les zones complémentaires (7) de la couche conductrice (3) étant rendues isolantes par oxydation, procédé caractérisé en ce que la couche conductrice (3) est constituée par des première (3a) et seconde (3b) couches conductrices, le procédé comportant une gravure de la seconde couche conductrice (3b) par l'intermédiaire du masque (5), l'oxydation étant effectuée après enlèvement du masque (5), de manière à ce que la surface de la seconde couche conductrice (3b) soit oxydée sur les parois latérales et sur la face avant et que les zones complémentaires (7) de la première couche conductrice (3a) soient oxydées sur toute l'épaisseur de la première couche conductrice (3a).
- 10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les zones complémentaires (7) de la couche conductrice (3) forment, après oxydation, un oxyde solide.
- 15 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la première couche conductrice (3a) est en TiN et la seconde couche conductrice (3b) est en silicium polycristallin.
- 20
- 25

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, pendant l'oxydation, le matériau de la couche conductrice (3) et l'oxygène forment un oxyde volatil, la couche conductrice (3) s'évaporant au moins en partie pendant l'oxydation.

5 5. Procédé de délimitation d'un élément conducteur (1) disposé sur une couche isolante (2), comportant le dépôt d'une couche conductrice (3) sur la face avant de la couche isolante (2) disposée sur un substrat (4), la formation d'un masque (5) sur au moins une zone (6) de la couche conductrice (3) destinée à former l'élément conducteur (1), de manière à délimiter dans la
10 couche conductrice au moins une zone complémentaire (7) non-recouverte par le masque (5), les zones complémentaires (7) de la couche conductrice (3) étant rendues isolantes par oxydation, procédé caractérisé en ce qu'il comporte un recuit de stabilisation et d'évaporation, de manière à ce que le matériau de la couche conductrice (3) et l'oxygène provenant de l'oxydation forment un oxyde
15 volatil, la couche conductrice (3) s'évaporant au moins en partie.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'oxydation des zones complémentaires (7) de la couche conductrice (3) comporte une implantation d'oxygène.

20 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'oxydation des zones complémentaires (7) de la couche conductrice (3) comporte une oxydation thermique.

25 8. Procédé selon l'une quelconque des revendication 1 à 7, caractérisé en ce que les zones complémentaires (7) rendues isolantes ont une épaisseur au moins égale à une couche atomique.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comporte, en fin d'oxydation, une étape de stabilisation thermique sous atmosphère inerte.

5 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le dépôt de la couche conductrice (3) comporte une première étape, de dépôt d'une première couche conductrice (3a), et une seconde étape, de dépôt d'une seconde couche conductrice (3b) sur la face avant de la première couche conductrice (3a).

10

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte, après la formation du masque (5) et avant l'oxydation, une gravure de la seconde couche conductrice (3b).

15 12. Procédé selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que le matériau de la première couche conductrice (3a) est pris dans le groupe comprenant le tungstène, le molybdène, le nickel et le cobalt, et le matériau de la seconde couche conductrice (3b) est du silicium polycristallin.

20 13. Dispositif comportant un élément conducteur (1) disposé sur une couche isolante (2), caractérisé en ce qu'il est obtenu par le procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, la zone (6b) de la seconde couche conductrice (3b), destinée à former l'élément conducteur (1), faisant saillie à la périphérie de la zone (6a) de la première couche conductrice (3a).

25

14. Transistor comportant une électrode de grille, caractérisé en ce que l'électrode de grille est réalisée par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.

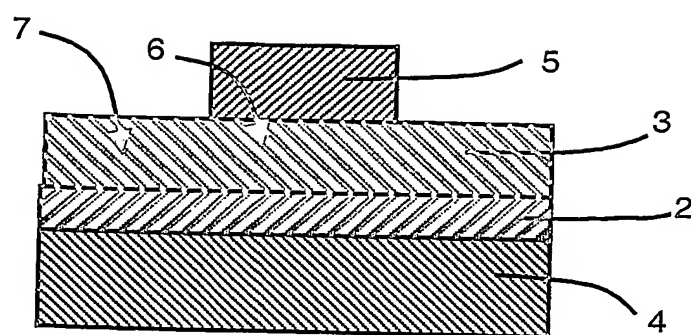


Figure 1 (Art antérieur)

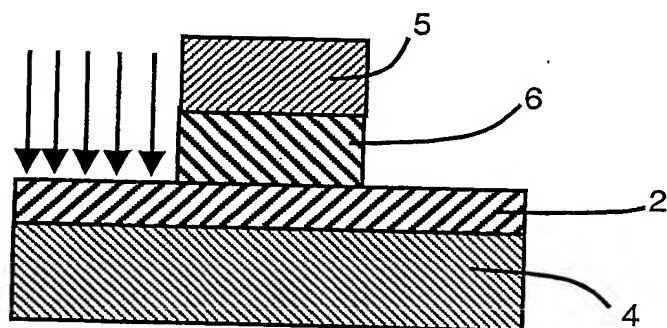


Figure 2 (Art antérieur)

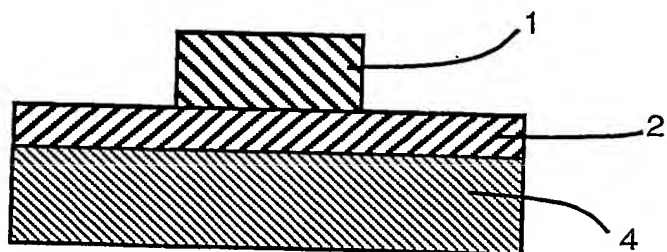


Figure 3 (Art antérieur)

2/5

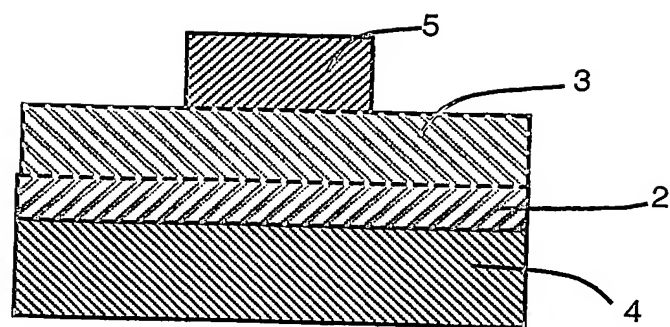


Figure 4

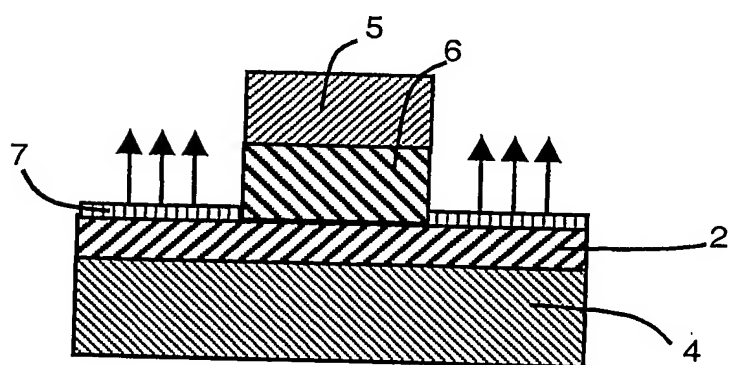


Figure 5

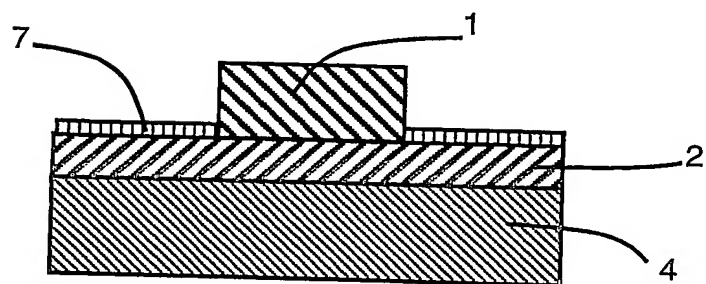


Figure 6

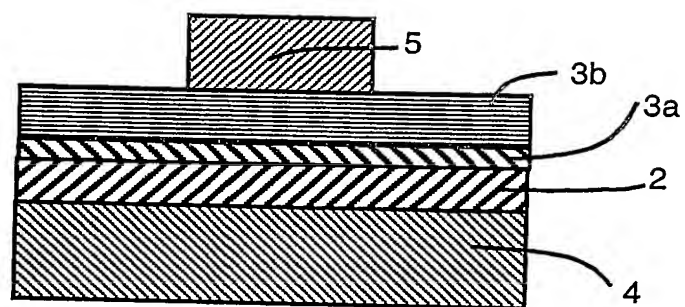


Figure 7

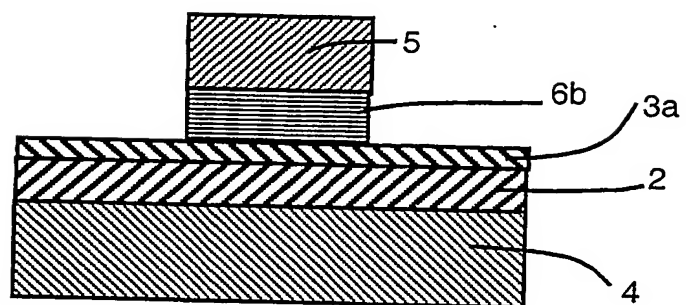


Figure 8

4/5

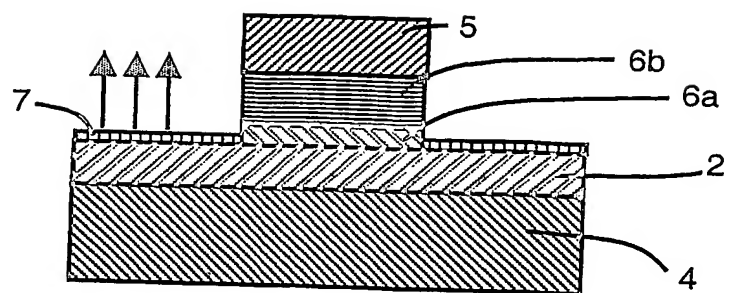


Figure 9

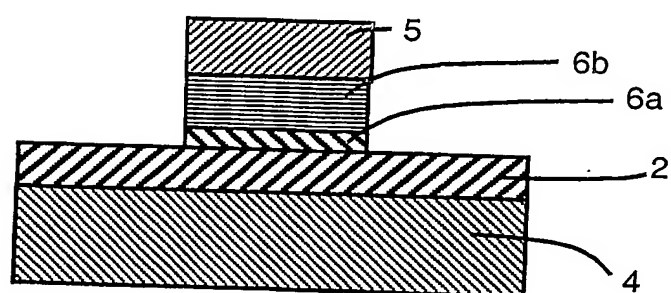


Figure 10

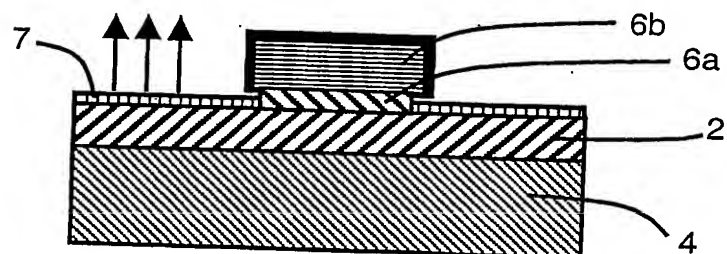


Figure 11

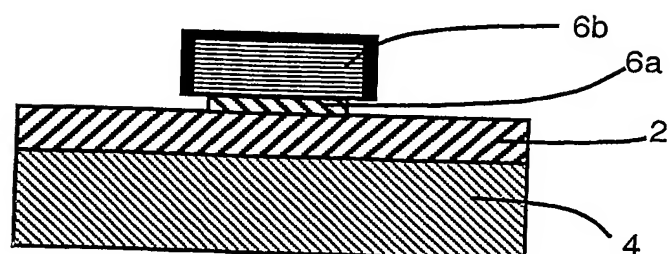


Figure 12

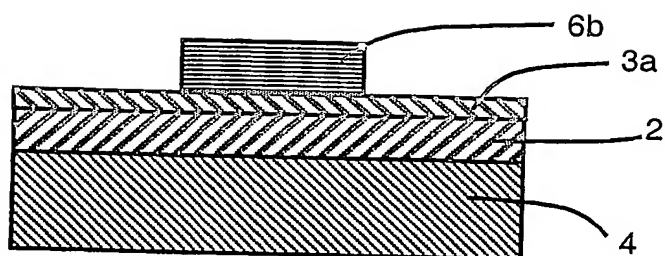


Figure 13

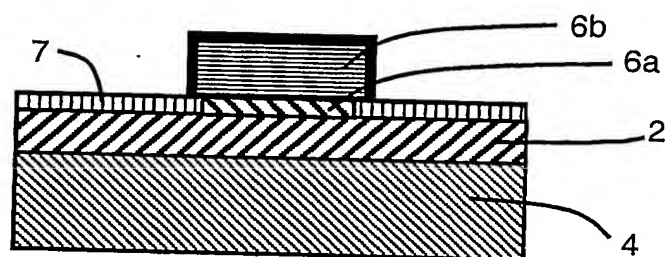


Figure 14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/000467

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L21/28 H01L21/321 H01L21/316

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, IBM-TDB, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 331 490 B1 (STEVENS E HENRY ET AL) 18 December 2001 (2001-12-18) column 10, line 55 - column 12, line 55; figures 13a-13i	1-3, 5-10, 12-14
A	US 6 451 657 B1 (MAY CHARLES E ET AL) 17 September 2002 (2002-09-17) column 5, line 52 - column 8, line 35; figures 1-5	5-9
A	US 2001/020723 A1 (KADOSH DANIEL ET AL) 13 September 2001 (2001-09-13) paragraph '0049! - paragraph '0058!; figures 1A-3, 14-16	1-4, 10-14
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 August 2004

Date of mailing of the international search report

17/08/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hedouin, M

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/000467

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 09, 4 September 2002 (2002-09-04) & JP 2002 134544 A (ROHM CO LTD), 10 May 2002 (2002-05-10) abstract</p> <p>-----</p>	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/000467

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6331490	B1	18-12-2001	
		US 6376374 B1	23-04-2002
		US 6350319 B1	26-02-2002
		TW 523556 B	11-03-2003
		WO 9959193 A1	18-11-1999
		US 2003027430 A1	06-02-2003
		EP 1086485 A2	28-03-2001
		JP 2002515645 T	28-05-2002
		TW 494443 B	11-07-2002
		US 2002187599 A1	12-12-2002
		WO 9959190 A2	18-11-1999
		AT 255962 T	15-12-2003
		CN 1292736 T	25-04-2001
		DE 69913521 D1	22-01-2004
		EP 1091811 A1	18-04-2001
		EP 1085948 A1	28-03-2001
		JP 2002506294 T	26-02-2002
		JP 2003517364 T	27-05-2003
		TW 452828 B	01-09-2001
		TW 471059 B	01-01-2002
		WO 9946064 A1	16-09-1999
		WO 9946065 A1	16-09-1999
		US 6264752 B1	24-07-2001
		US 2002185163 A1	12-12-2002
		US 2002189652 A1	19-12-2002
		US 6423642 B1	23-07-2002
		US 2004023494 A1	05-02-2004
		US 2004035448 A1	26-02-2004
		US 6632292 B1	14-10-2003
		US 2004112738 A1	17-06-2004
		US 6447633 B1	10-09-2002
		US 2001015176 A1	23-08-2001
		US 2002053509 A1	09-05-2002
		US 2001053411 A1	20-12-2001
		US 2001050060 A1	13-12-2001
		US 2002023717 A1	28-02-2002
		US 2001047752 A1	06-12-2001
		US 2001047757 A1	06-12-2001
US 6451657	B1	17-09-2002	
		US 6268634 B1	31-07-2001
US 2001020723	A1	13-09-2001	NONE
JP 2002134544	A	10-05-2002	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

mande internationale No

PCT/FR2004/000467

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01L21/28 H01L21/321 H01L21/316

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, INSPEC, IBM-TDB, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 6 331 490 B1 (STEVENS E HENRY ET AL) 18 décembre 2001 (2001-12-18) colonne 10, ligne 55 - colonne 12, ligne 55; figures 13a-13i	1-3, 5-10, 12-14
A	US 6 451 657 B1 (MAY CHARLES E ET AL) 17 septembre 2002 (2002-09-17) colonne 5, ligne 52 - colonne 8, ligne 35; figures 1-5	5-9
A	US 2001/020723 A1 (KADOSH DANIEL ET AL) 13 septembre 2001 (2001-09-13) alinéa '0049! - alinéa '0058!; figures 1A-3, 14-16	1-4, 10-14
	----- -/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *Z* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 août 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

17/08/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Hedouin, M

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

mande internationale No
rCT/FR2004/000467

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2002, no. 09, 4 septembre 2002 (2002-09-04) & JP 2002 134544 A (ROHM CO LTD), 10 mai 2002 (2002-05-10) abrégé</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

ande Internationale No

PCT/FR2004/000467

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6331490	B1	18-12-2001	US 6376374 B1	23-04-2002
			US 6350319 B1	26-02-2002
			TW 523556 B	11-03-2003
			WO 9959193 A1	18-11-1999
			US 2003027430 A1	06-02-2003
			EP 1086485 A2	28-03-2001
			JP 2002515645 T	28-05-2002
			TW 494443 B	11-07-2002
			US 2002187599 A1	12-12-2002
			WO 9959190 A2	18-11-1999
			AT 255962 T	15-12-2003
			CN 1292736 T	25-04-2001
			DE 69913521 D1	22-01-2004
			EP 1091811 A1	18-04-2001
			EP 1085948 A1	28-03-2001
			JP 2002506294 T	26-02-2002
			JP 2003517364 T	27-05-2003
			TW 452828 B	01-09-2001
			TW 471059 B	01-01-2002
			WO 9946064 A1	16-09-1999
			WO 9946065 A1	16-09-1999
			US 6264752 B1	24-07-2001
			US 2002185163 A1	12-12-2002
			US 2002189652 A1	19-12-2002
			US 6423642 B1	23-07-2002
			US 2004023494 A1	05-02-2004
			US 2004035448 A1	26-02-2004
			US 6632292 B1	14-10-2003
			US 2004112738 A1	17-06-2004
			US 6447633 B1	10-09-2002
			US 2001015176 A1	23-08-2001
			US 2002053509 A1	09-05-2002
			US 2001053411 A1	20-12-2001
			US 2001050060 A1	13-12-2001
			US 2002023717 A1	28-02-2002
			US 2001047752 A1	06-12-2001
			US 2001047757 A1	06-12-2001
US 6451657	B1	17-09-2002	US 6268634 B1	31-07-2001
US 2001020723	A1	13-09-2001	AUCUN	
JP 2002134544	A	10-05-2002	AUCUN	